

METHOD FOR MEASURING ILLUMINANCE DISTRIBUTION, EXPOSURE METHOD, AND MANUFACTURE OF DEVICE

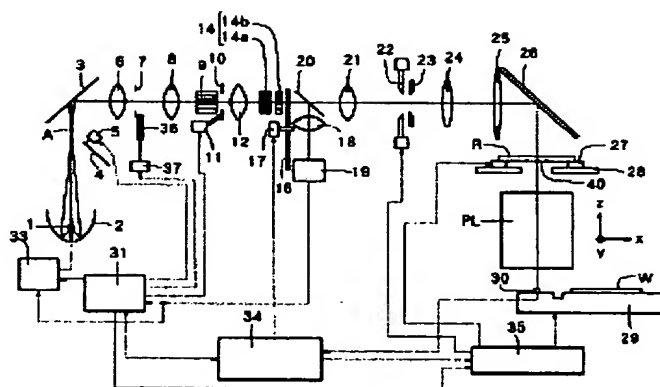
Patent number: JP11251239
 Publication date: 1999-09-17
 Inventor: TSUJI TOSHIHIKO
 Applicant: NIKON CORP
 Classification:
 - international: H01L21/027; G03F7/20
 - european:
 Application number: JP19980351106 19981210
 Priority number(s):

Also published as:
 US6211947 (B1)

Abstract of JP11251239

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for measuring illuminance distribution which is little affected by the temperature drift of a photoelectric sensor, and an exposure method using such a method.

SOLUTION: A detection part 30 is arranged on a substrate stage 29, and the substrate stage 29 is made movable so that the detection part 30 sequentially moves stepwise to a plurality of positions within an exposure region. By having a detection sensor move continuously forwards and backwards in a forward path for sequential stepwise movement to a plurality of positions and in a backward path for sequential stepwise movement to the same positions in the reverse order, the illuminance is measured $2n$ times (n is a natural number), at least for each position except for a turning position, and illuminance distribution within the exposure region is found on the basis of the measured value of the illuminance of the forward path and the measured value of illuminance of the backward path for each position.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Patent Abstracts of Japan

Rest Available Copy

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-251239

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月17日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	F I
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-351106
(22) 出願日 平成10年(1998)12月10日
(31) 優先権主張番号 特願平9-363543
(32) 優先日 平 9 (1997)12月15日
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

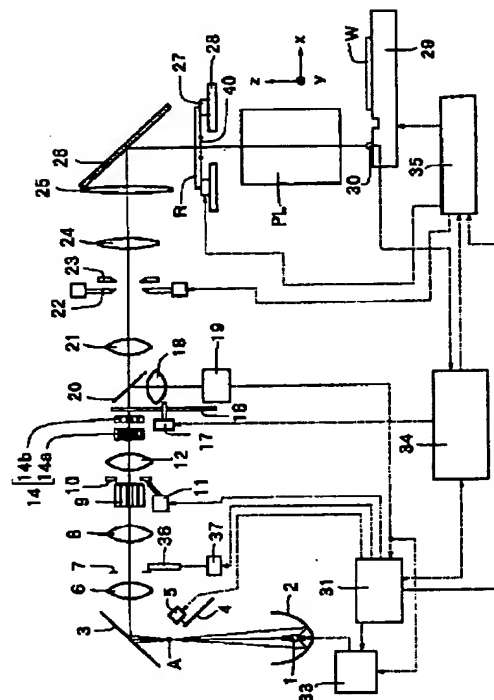
(71) 出願人 000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号
(72) 発明者 辻 寿彦
東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株
式会社ニコン内
(74) 代理人 弁理士 平木 祐輔 (外 1 名)

(54) 【発明の名称】 照度分布計測方法、露光方法及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 光電センサの温度ドリフトの影響が少ない照度分布計測方法、及びかかる方法を用いた露光方法を提供する。

【解決手段】 基板ステージ 29 上に検出部 30 を配置し、検出部が基板上の露光領域内の複数の位置を順次ステップ移動するように基板ステージを移動可能とし、検出センサが複数の位置を順次ステップ移動する往路と往路とは逆順に同一の位置を順次ステップ移動する復路とを連続して往復移動することで、少なくとも折り返し位置以外の各位置毎に 2 n 回 (n は自然数) の照度計測を行い、各位置毎の往路の照度計測値と復路の照度計測値とに基づいて露光領域内の照度分布を求める。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板ステージ上に載置されて露光される基板上の照度分布を求める方法において、前記基板ステージ上に配置された検出センサが前記基板上の露光領域内の複数の位置を順次ステップ移動する往路と該往路とは逆順に前記位置を順次ステップ移動する復路とをたどるように、前記基板ステージを連続して往復移動させ、少なくとも折り返し位置以外の前記位置毎に偶数回の照度計測を行い、前記各位置毎の前記往路の照度計測値と前記復路の照度計測値とに基づいて前記露光領域内の照度分布を求めることを特徴とする照度分布計測方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載の照度分布計測方法において、前記基板ステージの往復移動を 2 回以上行うことを特徴とする照度分布計測方法。

【請求項 3】 請求項 1 記載の照度分布計測方法において、前記検出センサを予熱した後に前記照度計測を行うことを特徴とする照度分布計測方法。

【請求項 4】 照明光学系からの光束によってマスクを照明し、該マスクのパターンを基板ステージ上に載置された基板に投影して露光する露光方法において、前記基板ステージ上に配置された検出センサが前記基板上の露光領域内の複数の位置を順次ステップ移動する往路と該往路とは逆順に前記位置を順次ステップ移動する復路とをたどるように、前記基板ステージを連続して往復移動させ、少なくとも折り返し位置以外の前記位置毎に偶数回の照度計測を行い、前記各位置毎の前記往路の照度計測値と前記復路の照度計測値とに基づいて前記露光領域内の照度分布を求め、求められた照度分布に基づいて前記照明光学系からの光束の光量を決定することを特徴とする露光方法。

【請求項 5】 マスクに照射される照明光で基板を露光する方法であって、前記照明光の照射領域内の複数の位置でそれぞれ前記照明光の強度を検出する第 1 工程と、前記第 1 工程と逆の順序で前記複数の位置での前記照明光の強度を検出する第 2 工程とを含むことを特徴とする露光方法。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の露光方法において、前記第 1 工程で前記強度が最後に検出される位置と、前記第 2 工程で前記強度が最初に検出される位置とは異なることを特徴とする露光方法。

【請求項 7】 請求項 6 に記載の露光方法において、前記複数の位置のうち、前記最後の位置以外は前記強度の検出回数が前記最後の位置よりも多いことを特徴とする露光方法。

【請求項 8】 請求項 5 に記載の露光方法において、前記第 1 工程で前記強度が最後に検出される位置と、前記第 2 工程で前記強度が最初に検出される位置とは同一であり、前記位置毎の前記強度の検出回数は同数であるこ

とを特徴とする露光方法。

【請求項 9】 請求項 8 に記載の露光方法において、前記位置毎に前記強度を、前記第 1 及び第 2 工程を含めて少なくとも 2 回ずつ検出することを特徴とする露光方法。

【請求項 10】 請求項 9 に記載の露光方法において、前記強度の検出回数は偶数回であることを特徴とする露光方法。

【請求項 11】 請求項 5 に記載の露光方法において、前記第 1 及び第 2 工程で検出された強度に基づいて、前記位置毎にその平均強度、又は前記照射領域内の平均強度を求めることを特徴とする露光方法。

【請求項 12】 請求項 11 に記載の露光方法において、前記基板の露光に先立ち、前記平均強度に基づいて前記基板上での前記照明光の強度を調整することを特徴とする露光方法。

【請求項 13】 請求項 11 に記載の露光方法において、前記基板を前記照明光で走査露光するために、前記基板の感度に関する情報に基づいて、前記基板上での前記照明光の強度、前記基板の走査速度、及び前記基板の走査方向に関する前記照射領域の幅の少なくとも 1 つを調整することを特徴とする露光方法。

【請求項 14】 請求項 13 に記載の露光方法において、前記走査露光中、前記平均強度に基づいて前記照明光を発生する光源を制御することを特徴とする露光方法。

【請求項 15】 請求項 11 に記載の露光方法において、前記第 1 及び第 2 工程で検出された強度に基づいて、前記照射領域内での強度分布を求めることを特徴とする露光方法。

【請求項 16】 請求項 5 に記載の露光方法を用いて、ワークピース上にデバイスパターンを転写する工程を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、フォトリソグラフィ工程において半導体素子、液晶表示素子等のパターンを露光する露光装置に適用される照度分布計測方法及び露光方法及びデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年半導体素子の需要の高まりと共に半導体素子の原価低減に対する市場要求が強まり、半導体素子等の製造に使用される露光装置の高スループット化が求められている。かかる露光装置では、レチクルやマスク等の投影原版（本明細書においてレチクルと総称する。）上に形成された回路パターンを照明光学系からの光束で照明し、このパターンを投影光学系でレジスト等の感光剤を塗布したガラスプレートやウエハ等の感光性基板（本明細書において基板と総称する。）上に結像転写する処理が行われるが、このような状況に対応して、

基板面での照度を上げて露光時間を短縮する高スループット化技術が開発されている。

【0003】一方、かかる露光装置における基板面上への露光量の調整は次のように行われている。即ち、基板を載置する基板ステージ上であって基板が載置される部分の周辺近傍に、基板面と同じ高さに配置されるピンホール板を有する光電センサを配置する。そして光電センサを、露光用照明光の照射領域、即ち露光領域内に移動させる。図8に示したように、露光領域50内では計測開始位置P1から計測最終位置Pmまで光電センサをステップバイステップに移動させ、各位置でそれぞれ1回ずつの照度計測を行い、露光光の照度分布を計測する。この計測値に基づいて露光光の照度と照射時間（パルス光ではそのパルス数）を制御し、基板面上への露光量を調整していた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、基板面上への露光光の照度を上昇させると基板上への光照射エネルギーは上昇し、露光領域内に配置された光電センサ自体の温度も上昇する。そのため、光電センサで計測された出力は温度によるドリフトの影響を受ける。特に縮小投影露光装置では、基板面上での照度均一性（いわゆる照度むら）を計測する光電センサには強烈な露光光が照射され、光電センサが受ける熱量も大きい。したがって、従来のように露光領域内の複数位置毎に光電センサを移動させ、それぞれの位置で順にステップバイステップで照度を計測していく方法では、時間の経過と共に光電センサ内に照射熱が蓄積し、後に計測するほどドリフトによって出力（計測値）が実際の照度よりも増大する傾向を示す。そのため、本来照明光学系及び投影光学系に存在しない照度むらが計測値に含まれるという不都合があった。そこで、本発明は光電センサの温度ドリフトの影響が少ない照度分布計測方法、及びかかる方法を用いた露光方法を提供することを課題とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、基板ステージ上に載置されて露光される基板上の照度分布を求める方法において、基板ステージ上に配置された検出センサが基板上の露光領域内の複数の位置を順次ステップ移動する往路と該往路とは逆順に前記位置を順次ステップ移動する復路とをたどるように、基板ステージを連続して往復移動させ、少なくとも折り返し位置以外の前記位置毎に偶数回の照度計測を行い、前記各位置毎の往路の照度計測値と復路の照度計測値とに基づいて露光領域内の照度分布を求めることを特徴とする。基板ステージの往復移動は2回以上行うことができる。また、検出センサを予熱した後に照度計測を行うことが好ましい。

【0006】本発明は、また、照明光学系からの光束によってマスクを照明し、マスクのパターンを基板ステージ上に載置された基板に投影して露光する露光方法にお

いて、基板ステージ上に配置された検出センサが基板上の露光領域内の複数の位置を順次ステップ移動する往路と該往路とは逆順に前記位置を順次ステップ移動する復路とをたどるように、基板ステージを連続して往復移動させ、少なくとも折り返し位置以外の前記位置毎に偶数回の照度計測を行い、前記各位置毎の往路の照度計測値と復路の照度計測値とに基づいて露光領域内の照度分布を求め、求められた照度分布に基づいて照明光学系からの光束の光量を決定することを特徴とする。

【0007】本発明は、また、マスクに照射される照明光で基板を露光する方法であって、照明光の照射領域内の複数の位置でそれぞれ照明光の強度を検出する第1工程と、第1工程と逆の順序で前記複数の位置での照明光の強度を検出する第2工程とを含むことを特徴とする。このとき、第1工程で強度が最後に検出される位置と、第2工程で強度が最初に検出される位置とは異なってもよいし、前記複数の位置のうち、最後の位置以外は強度の検出回数が最後の位置よりも多くてもよい。また、第1工程で強度が最後に検出される位置と、第2工程で強度が最初に検出される位置とは同一であり、前記位置毎の強度の検出回数は同数であってもよい。前記強度は、前記位置毎に、第1及び第2工程を含めて少なくとも2回ずつ検出することができる。強度の検出回数は偶数回とすることができる。

【0008】第1及び第2工程で検出された強度に基づいて、前記位置毎にその平均強度、又は照射領域内の平均強度を求めることができる。そして、基板の露光に先立ち、平均強度に基づいて基板上での照明光の強度を調整することができる。また、基板を照明光で走査露光するために、基板の感度に関する情報に基づいて、基板上での照明光の強度、基板の走査速度、及び基板の走査方向に関する照射領域の幅の少なくとも1つを調整するようにしてもよい。走査露光中、平均強度に基づいて照明光を発生する光源を制御することができる。さらに、第1及び第2工程で検出された強度に基づいて、照射領域内での強度分布を求めることができる。本発明によるデバイス製造方法は、前記露光方法を用いて、ワークピース上にデバイスパターンを転写する工程を含むことを特徴とする。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明の一実施例に係る照度分布計測方法が適用される走査型投影露光装置の概略断面図を図1に示す。図1において、水銀ランプ1からの照明光（i線）は楕円鏡2によって集光点Aに集光される。その集光点A近傍にシャッター制御機構5により駆動されるシャッター4が配置され、シャッター4が開状態の場合、その照明光はミラー3で反射され、インプットレンズ6によってほぼ平行光束に変換された後、視野絞り7に達する。視野絞り7の直後に、出し入れ自在に減光板36が配置され、減光板36により視野絞り7を通過

する照明光の光量を所定範囲内で段階的、又は連続的に変化させることができるようになっている。

【0010】減光板36は、例えばハーフミラーを複数個切り換え自在に配置したものであり、各ハーフミラーの光軸に対する傾きがそれぞれ全体としての透過率を所定の透過率にするように設定されている。なお、互いに透過率が異なる複数のNDフィルターが配置されるターゲット板を減光板36として用いるようにしてもよい。そして、駆動モータを含む減光板駆動機構37で、減光板36をステップ移動させることにより、照明光の光量が段階的に調整される。本実施例では、基板Wに対する露光量の制御を行うのは露光量制御系31であり、露光量制御系31が減光板駆動機構37の動作を制御すると共に、シャッター制御機構5の動作をも制御する。更に、露光量制御系31は水銀ランプ1用の電源系33を介して、水銀ランプ1に供給される電力を制御する。これにより、水銀ランプ1から射出される照明光の強度（光量）を調整することが可能となる。

【0011】視野絞り7の開口を通過した後、減光板36によって光量が調整された照明光は、第1リレーレンズ8を経て2段のフライアイレンズ群の内の第1フライアイレンズ9に入射する。第1フライアイレンズ9による複数の光源像からの照明光は、第2リレーレンズ12を介して第2フライアイレンズ14に導かれる。本実施例では、第1フライアイレンズ9の射出面、即ち光源像の形成面の近傍に光量絞り10が配置され、光量絞り10の開口の大きさは光量絞り駆動機構11によって任意の大きさに調整できるようになっている。光量絞り駆動機構11の動作も露光量制御系31により制御される。本実施例ではその光量絞り10の開口の大きさを調整することにより、第1フライアイレンズ9から第2フライアイレンズ14に向かう照明光の光量を連続的に調整できる。

【0012】図2(a)は、光量絞り10の一実施例を示し、図2(a)において、光量絞り10は虹彩絞りで構成されている。この場合、例えばその虹彩絞りの周囲のレバーを動かすことにより、図2(b)に示すように、その虹彩絞りのほぼ円形の開口の大きさが連続的に調整できるようになっている。

【0013】次に、本実施例の第2フライアイレンズ14は、それぞれモザイク状にレンズエレメントが密着して配置された片面が平面状の2個のレンズ束14a及び14bを、それぞれの平面部が対向するように近接して配置したものである。第1のレンズ束14aに光源側から入射する平行光束は、第2のレンズ束14bの射出面上に集光され、逆に第2のレンズ束14bにレチクルR側から入射する平行光束は、第1のレンズ束14aの入射面上に集光されるように、各レンズエレメントの屈折力が定められている。即ち、第2のレンズ束14bの射出面は、第2フライアイレンズ14の焦点面となってお

り、その射出面に多数の光源像が形成される。したがって、レンズ束14a及び14bは、2つが組み合わされて初めて1個のフライアイレンズとして作用する。

【0014】第2フライアイレンズ14の射出面の近傍には、複数種類の照明系開口絞りが配置された照明系開口絞り板16が設置されている。照明系開口絞り板16の一実施例を図3に示す。図3において、照明系開口絞り板16上にはほぼ等角度間隔で、通常の円形開口よりなる開口絞り16A、小さな円形開口よりなるコヒーレンスファクタである σ 値を小さくするための開口絞り16B、輪帯照明用の輪帯状の開口絞り16C、及び変形光源法用に複数の開口を偏心させて配置してなる変形開口絞り16Dが配置されている。その照明系開口絞り板16を回転させることにより、4個の開口絞りの内の所望の開口絞りを選択できる。なお、照明系開口絞り板16の回転角は、駆動モータよりなる照明系用絞り駆動機構17を介して、主制御系34によって制御される。

【0015】照明光は第2フライアイレンズ14から射出された後、照明系開口絞り板16中から選択された開口絞りを通過し、透過率が98%程度のビームスプリッター20に入射する。ビームスプリッター20で反射された光束は集光レンズ18を介して光電検出器よりなるインテグレートセンサ19の受光面に集光されている。インテグレートセンサ19の受光面はレチクルRのパターン形成面及び基板Wの露光面とほぼ共役に配置され、基板Wの露光面上での露光量をモニターしている。

【0016】一方、ビームスプリッター20を透過した照明光は、第3リレーレンズ21を経て2枚の可動ブレードを有する可動ブラインド（可変視野絞り）22に至る。可動ブラインド22の配置面は、第2フライアイレンズ14の射出面のフーリエ変換面となっている。即ち、可動ブラインド22の配置面は、レチクルRのパターン形成面と共役であり、可動ブラインド22の近傍に、開口形状が固定された固定ブラインド（固定視野絞り）23が配置されている。

【0017】固定ブラインド23は、例えば4個のナイフエッジにより矩形の開口を囲んだ機械的な視野絞りであり、その矩形の開口によりレチクルR上でのスリット状の照明領域40の形状が規定される。即ち、可動ブラインド22、及び固定ブラインド23により制限された照明光が、第4リレーレンズ24、コンデンサーレンズ25、及びミラー26を介してレチクルR上のスリット状の照明領域40を照明する。

【0018】そして、レチクルR上の照明領域40内のパターンの像が、投影光学系PLを介して投影倍率 β （ β は例えば1/4、又は1/5等）で基板W上のスリット状の露光領域に投影される。ここで、投影光学系PLの光軸に平行にz軸を取り、z軸に垂直な平面内で走査露光時のレチクルR及び基板Wの走査方向に平行にx軸を取り、z軸に垂直な平面内でx軸に垂直な方向（非

を照明光路内に配置する。さらに露光量制御系31は、水銀ランプ1の電流制御を行ってその発光強度を微調整し、基板面上での照明光の強度を適正值に設定する。

【0044】また、本実施例では露光用光源として水銀ランプを用いたが、エキシマレーザなどのパルス光源を用いてもよい。この場合、フォトレジストの感度、即ちその適正露光量に基づいて、基板W上でのパルス光の強度、基板Wの走査方向に関する露光領域の幅、基板（及びレチクルR）の走査速度、及びパルス光源の発振周波数を決定する。これにより、基板W上のショット領域内の各点にそれぞれ照射される複数のパルス光の積算光量が適正露光量が設定される。

【0045】さて、本実施例では前述の如く露光領域内の照度むら（照度分布）を検出するが、この照度むらが所定の許容値を越えているときは、例えば第1フライアイレンズ9の入射面に近接して配置され、フライアイレンズ9を構成する複数のロッドレンズの少なくとも1つについてその入射面の全て、又はその一部を遮光するフィルターを用いて、基板面上での露光領域内の照度むらを補正するようにしてもよい。なお、照度むらを補正するフィルターの位置は第1フライアイレンズ9の入射面近傍に限られるものではなく、照明光学系内でレチクルRのパターン面と共役な面であればよく、例えば第2フライアイレンズ14の入射面近傍でも構わない。

【0046】また、照明光学系内に配置されるフライアイレンズ（9、14）の代わりにロッドインテグレートを用いてもよいし、あるいはフライアイレンズとロッドインテグレートとを組み合わせ用いてもよい。この場合、ロッドインテグレートはその入射面が照明光学系内のフーリエ変換面とほぼ一致し、かつその射出面が照明光学系内でレチクルRのパターン面とほぼ共役となるように配置される。従って、固定レチクルブラインド23、及び可動レチクルブラインド22はロッドインテグレートの射出面に近接して配置され、開口絞り板16はロッドインテグレートの入射面に近接して配置される、あるいはロッドインテグレートとレチクルRとの間に設定されるフーリエ変換面（瞳面）に配置される。なお、前述した照度むらを補正するフィルターは、ロッドインテグレートの射出面に近接して配置される、あるいはその射出面（即ちレチクルRのパターン面）と共役な面に配置されることになる。

【0047】なお、本実施例では走査型投影露光装置に適用した場合を示したが、一括露光型露光装置にも適用可能である。また、照度むらセンサ出力の温度ドリフトは、（3）式で示したような指数関数となるので、温度の上昇に伴いドリフトによる出力変化率は低下する。したがって、予め照度むらセンサをi線照射によって熱してドリフトによる出力変化率の低い状態とし、その後計測を開始することによってさらに精度の高い照度分布計測を行うことが可能となる。本実施例では光源に水銀ラ

ンプを使用した場合を詳述したが、エキシマレーザを光源として用いた場合でも同様な計測方法を行うことによつて照度むらセンサの熱ドリフトを防止でき、高精度な照度分布計測を行うことができる。

【0048】ところで、投影光学系PLの視野内で露光用照明光が照射される露光領域50はレチクルRに形成されるパターンの一部の縮小像が形成される投影領域である。また、投影光学系PLは両側テレセントリックであり、その第1面（物体面）にレチクルRが配置され、かつその第2面（像面）に基板Wが配置される。さらに、投影光学系PLは円形視野（円形イメージフィールド）を有し、照明領域40及び露光領域50はそれぞれ投影光学系PLの視野内でその光軸をほぼ中心とし、かつレチクルR及び基板Wの走査方向（x方向）と直交する非走査方向（y方向）に伸びる細長い矩形領域となっている。なお、照明領域40及び露光領域50は共にその形状が矩形以外、例えば菱形、円弧、又は台形などであってもよい。

【0049】また、投影光学系PLは複数の屈折光学素子のみからなる屈折系に限られるのではなく、屈折光学素子と反射光学素子（凹面鏡）とを有する反射屈折系、あるいは複数の反射光学素子のみからなる反射系であってもよい。ここで、反射屈折型の投影光学系としては、反射光学素子として少なくともビームスプリッタ、及び凹面鏡を有する光学系、反射光学素子としてビームスプリッタを用いずに凹面鏡とミラーとを有する光学系、及び米国特許第5031976号、第5788229号、及び第5717518号に開示されているように、複数の屈折光学素子と2つの反射光学素子（少なくとも一方は凹面鏡）とを同一光軸上に配置した光学系などがある。なお、投影光学系を使用しない、例えばプロキシミティ方式の露光装置であっても本発明を適用することができる。

【0050】さらに、開口絞り板16を用いて変形照明の実施、又は σ 値の変更などを行うものとしたが、例えば水銀ランプ1と第1フライアイレンズ9との間に配置される少なくとも1つの光学素子を移動可能とし、第1フライアイレンズ9の入射面上での照明光の強度分布を変更するように構成してもよい。また、その少なくとも1つの光学素子よりも水銀ランプ1側に一對の円錐プリズム（アキシコン）を更に配置し、その一對のアキシコンの光軸方向に関する間隔を調整することで、第1フライアイレンズ9の入射面上での照明光を、その強度分布が中心部よりもその外側で高くなる輪帯状に変更可能に構成してもよい。これにより、フライアイレンズではその射出側焦点面上、ロッドインテグレートではその射出面とレチクルRとの間に設定される照明光学系のフーリエ変換面上での照明光の強度分布を変更することが可能となる。さらに、 σ 値を小さくする、あるいは通常照明を変形照明（例えば輪帯照明）に変更しても、その変更

に伴う照明光の光量損失を大幅に低減することができ、高スループットの維持が可能となる。

【0051】また、露光用照明光は水銀ランプ1から発生するg線やi線などに限られるものではなく、波長が350nm程度以下の紫外光、例えばKrFエキシマレーザ、ArFエキシマレーザ、又はF₂レーザなどであってもよいし、あるいは波長が5～15nm、例えば13.4nm又は11.5nmの軟X線領域のEUV光(XUV光)、又は1nm程度以下の硬X線であってもよい。なお、EUV光、又はX線を用いる露光装置では照度むらセンサ30として、例えばガラス板上の蛍光発生物質の表面に形成される反射層の一部を除去してピンホールを形成するとともに、そのガラス板の下部にフォトマルチプライヤ等の光電変換素子を配置する。そして、EUV光などがその蛍光発生物質に照射されると、蛍光発生物質はEUV光などよりも波長が長い光を発生し、この光が光電変換素子によって光電検出される。この光電変換素子から出力される電気信号の強度から基板上での照明光(EUV光など)の照度に求めることができる。

【0052】さらに、超高圧水銀灯、エキシマレーザ、又はF₂レーザなどの代わりに、DFB半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザを、例えばエルビウム(又はエルビウムとイットリビウムの両方)がドープされたファイバーステージで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いてもよい。例えば、単一波長レーザの発振波長を1.51～1.59μmの範囲内とすると、発生波長が189～199nmの範囲内である8倍高調波、又は発生波長が151～159nmの範囲内である10倍高調波が出力される。特に発振波長を1.544～1.553μmの範囲とすると、193～194nmの範囲内の8倍高調波、即ちArFエキシマレーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られ、発振波長を1.57～1.58μmの範囲内とすると、157～158nmの範囲内の10倍高調波、即ちF₂レーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られる。

【0053】また、発振波長を1.03～1.12μmの範囲内とすると、発生波長が147～160nmの範囲内である7倍高調波が出力され、特に発振波長を1.099～1.106μmの範囲内とすると、発生波長が157～158μmの範囲内の7倍高調波、即ちF₂レーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られる。なお、単一波長発振レーザとしてはイットリビウム・ドープ・ファイバーレーザを用いる。

【0054】ところで、本発明は半導体素子の製造に用いられる露光装置だけでなく、液晶表示素子等を含むディスプレイの製造に用いられる、デバイスパターンをガラスプレート上に転写する露光装置、薄膜磁気ヘッドの製造に用いられる、デバイスパターンをセラミックウエ

ハ上に転写する露光装置、及び撮像素子(CCDなど)の製造に用いられる露光装置などにも適用することができる。また、半導体素子などのマイクロデバイスだけでなく、光露光装置、EUV露光装置、X線露光装置、及び電子線露光装置などで使用されるレチクル又はマスクを製造するために、ガラス基板又はシリコンウエハなどに回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用できる。ここで、DUV(遠紫外)光やVUV(真空紫外)光などを用いる露光装置では一般的に透過型レチクルが用いられ、レチクル基板としては石英ガラス、フッ素がドープされた石英ガラス、蛍石、フッ化マグネシウム、又は水晶などが用いられる。また、プロキシミティ方式のX線露光装置、又は電子線露光装置などでは透過型マスク(ステンシルマスク、メンブレンマスク)が用いられ、マスク基板としてはシリコンウエハなどが用いられる。

【0055】また、複数の光学素子から構成される照明光学系、及び投影光学系を露光装置本体に組み込んで光学調整を行うとともに、多数の機械部品からなるレチクルステージやウエハステージを露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、更に総合調整(電気調整、動作確認等)を行うことにより上記実施形態の露光装置を製造することができる。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルーム内で行うことが望ましい。さらに、半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、この設計ステップに基づいたレチクルを製作するステップ、シリコン材料からウエハを製作するステップ、前述の実施形態の露光装置によりレチクルのパターンをウエハに露光するステップ、デバイス組み立てステップ(ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む)、検査ステップ等を経て製造される。

【0056】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、露光領域上の複数の位置をステップバイステップに移動する往路での照度むら計測に加えて、往路での順序を逆とした復路においても往路と同一位置で照度むら計測を行い、同じ位置において偶数回照度計測することによって光電センサの温度ドリフトの線形成分を補正することができるので、基板上で高精度な照度分布計測を行うことが可能となった。特に、光源として大出力の水銀ランプのi線やエキシマレーザを用いた場合や、縮小露光装置等のセンサが熱せられ易い構成においても極めてドリフトの影響の少ない照度分布計測を行うことができる。

【0057】また、一般的に光電センサの出力ドリフトを補正する場合、センサの冷却等が考えられるが、ヘルチエ素子等による電子冷却では温度に敏感なウエハステージや干渉計光学系の近くにヘルチエ素子等を実装しなければならず、干渉計ゆらぎの原因になりかねない。一方液冷や空冷では、配管や設備が必要となり、ウエハス

テージの制御の外乱となる。しかし、本発明によると、上記のような技術的困難さには一切無関係であり、容易に達成でき、コスト的にも有利である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係る照度分布計測方法が適用される投影露光装置の構成を示す断面図。

【図2】光量絞りの一実施例を示す図。

【図3】照明系開口絞り板上に配置される複数の照明系開口絞りを示す図。

【図4】本発明による照度むら計測時のセンサ移動の順序（往復動作）を示す図。

【図5】本発明によるセンサ往復移動の順序で得られる照度むらの時系列信号を示す図。

【図6】照度むら時系列信号の中のドリフト分が低減することを説明する図。

【図7】往復動作を複数回繰り返す場合の照度むら時系列信号を示す図。

【図8】従来の照度むら計測時のセンサ移動の順序を示す図。

【図9】照度むらの時系列信号を説明する図。

【符号の説明】

R…レチクル

PL…投影光学系

W…基板

1…水銀ランプ

2…楕円鏡

3…ミラー

* 4…シャッター

機構

6…インプットレンズ

8、12…リレーレンズ

10…光量絞

機構

21、24…リレーレンズ

16…照明系開口絞り板
6C、16D…開口絞り

17…照明系用絞り駆動機構

19…インテグレートセンサ
ッター

22…可動ブラインド（可変視野絞り）

23…固定ブラインド
レンズ

26…ミラー

28…レチクルベース

20 30…照度むらセンサ

33…電源系

35…ステージ制御系

37…減光板駆動機構

* 50…露光領域

5…シャッター制御

7…視野絞り

9…第1フライアイ

11…光量絞り駆動

14…第2フライアイ

16A、16B、1

18…集光レンズ

20…ビームスプリ

25…コンデンサー

27…走査ステージ

29…基板ステージ

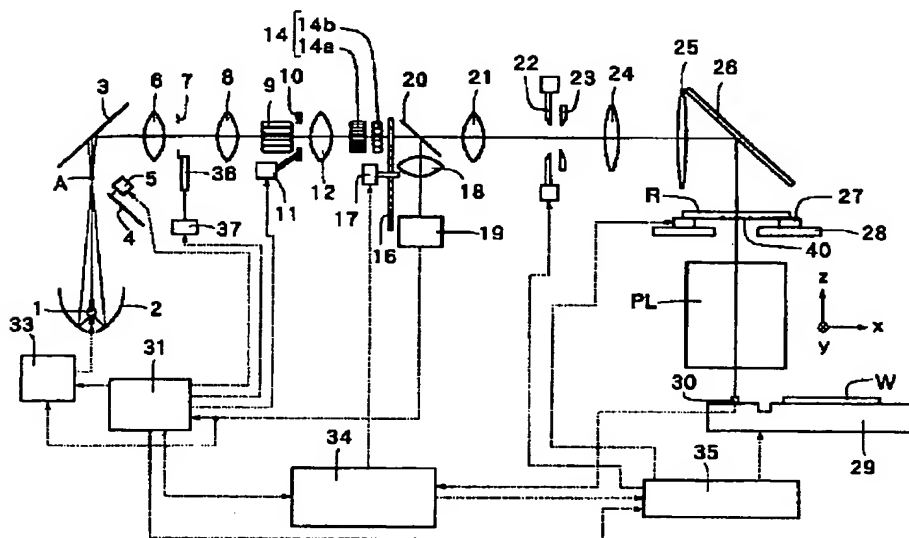
31…露光量制御系

34…主制御系

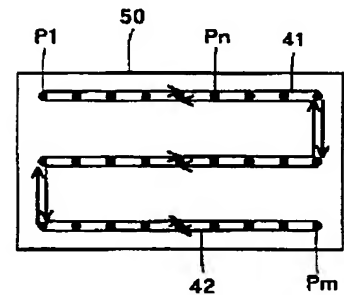
36…減光板

40…照明領域

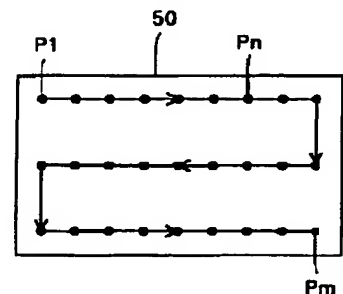
【図1】



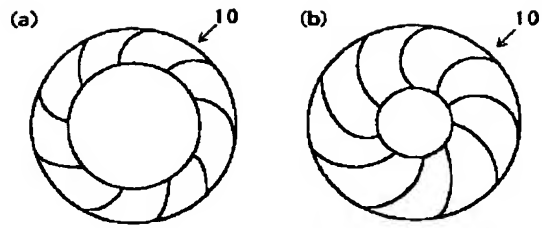
【図4】



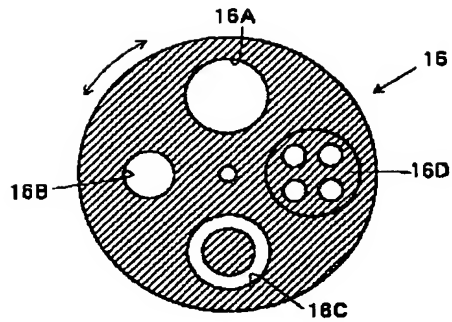
【図8】



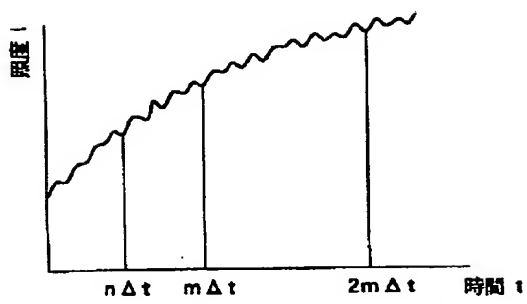
【図2】



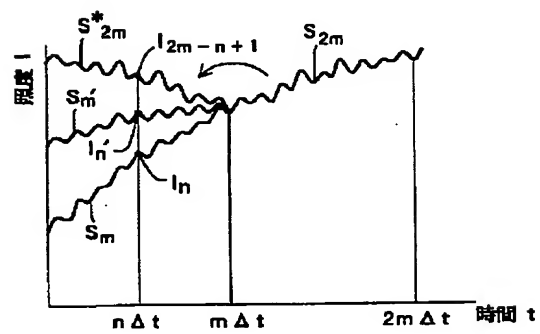
【図3】



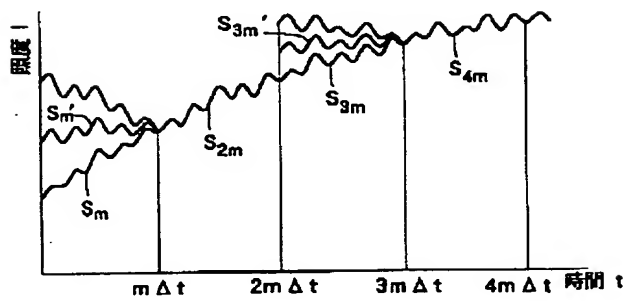
【図5】



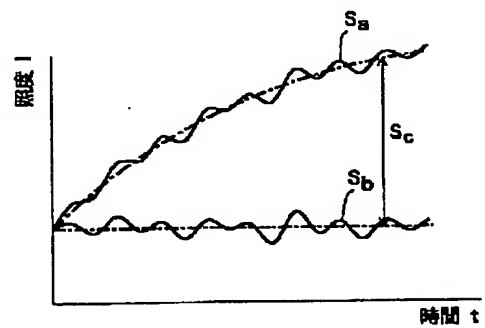
【図6】



【図7】



【図9】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.